

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-82661

(P2000-82661A)

(43) 公開日 平成12年3月21日 (2000.3.21)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 6 7
G 0 3 F 7/28	5 0 1	G 0 3 F 7/28	5 0 1
7/30	5 0 1	7/30	5 0 1

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 21 頁)

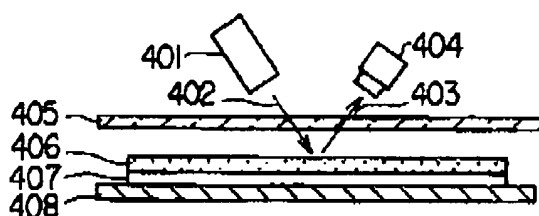
(21) 出願番号	特願平11-81635	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22) 出願日	平成11年3月25日 (1999.3.25)	(72) 発明者	早崎 圭 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株 式会社東芝横浜事業所内
(31) 優先権主張番号	特願平10-187626	(72) 発明者	伊藤 信一 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株 式会社東芝横浜事業所内
(32) 優先日	平成10年7月2日 (1998.7.2)	(72) 発明者	川野 健二 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株 式会社東芝横浜事業所内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 加熱装置、加熱装置の評価法及びパターン形成方法

## (57) 【要約】

【課題】 ウェハの加熱量を一定に制御することができ、レジストパターンの寸法ばらつきの低減をはかる。

【解決手段】 レジストを塗布したウェハを露光前又は露光後に加熱処理するための加熱装置において、ウェハ407を載置して加熱する熱板408と、ウェハ407に光402を照射し、ウェハ407上のレジスト406からの反射光の強度を検出する光強度検出器404と、検出された反射光強度に基づいて熱板408による加熱を制御する制御部とを備え、複数のウェハに対して加熱量が一定となるようにした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】被処理基体を加熱する加熱手段と、前記被処理基体に対し可視光又は紫外光を照射し、該基体からの反射光の強度を検出する光強度検出手段と、前記検出された反射光強度に基づいて前記加熱手段による加熱を制御する加熱制御手段とを具備してなることを特徴とする加熱装置。

【請求項2】被処理基体を加熱する加熱手段と、前記被処理基体の複数の場所に可視光又は紫外光を照射し、それぞれの場所からの反射光の強度を検出する光強度検出手段と、前記検出された複数の反射光強度に基づいて前記加熱手段による加熱を制御する加熱制御手段とを具備してなることを特徴とする加熱装置。

【請求項3】前記加熱手段は、電気的な加熱機能を持ち、前記被処理基体から載置される試料台からなることを特徴とする請求項1又は2記載の加熱装置。

【請求項4】前記被処理基体上に照射する可視光又は紫外光は、狭帯域化された光であることを特徴とする請求項1又は2記載の加熱装置。

【請求項5】前記光強度検出手段は、前記被処理基体上の任意の場所に光を照射し、加熱時に生じる被処理基体上のレジストの組成変化又は組織変化に伴う膜厚変化を反射光強度の変化として検出するものであることを特徴とする請求項1又は2記載の加熱装置。

【請求項6】前記光強度検出手段は、前記被処理基体の露光領域に光を照射し、加熱時に生じる被処理基体上のレジストの潜像変化を反射光強度の変化として検出するものであることを特徴とする請求項1又は2記載の加熱装置。

【請求項7】前記加熱制御手段は、前記反射光強度から得られる積算の加熱量又はその微分値をもとに次の加熱量を決定し、該決定した加熱量となるように前記加熱手段を制御するものであることを特徴とする請求項1又は2記載の加熱装置。

【請求項8】前記加熱制御手段は、前記決定された加熱量をもとに前記加熱手段の電圧を一定として電流を制御、又は前記加熱手段の電流を一定として電圧を制御するものであることを特徴とする請求項7記載の加熱装置。

【請求項9】基板上に感光性樹脂膜を形成する工程と、前記感光性樹脂膜の複数の露光領域に対して、照射量 $D_{000}$ で露光を行う工程と、前記感光性樹脂膜に対して加熱処理を行い、該感光性樹脂膜の膜厚をそれぞれの露光領域と隣接する未露光領域で測定し、露光領域と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_r$ を求める工程と、

求められた各露光領域における膜厚差 $\Delta T_r$ 及び、予め求められている膜厚差 $\Delta T_r$ と加熱処理温度との関係から、前記加熱処理における加熱温度分布を求める工程とを含むことを特徴とする加熱装置の評価方法。

【請求項10】前記照射量 $D_{000}$ は、

前記膜厚差 $\Delta T_r$ の温度に対する変化量 $\partial \Delta T_r / \partial T$ が極大値或いは或いは最大となる値であることを特徴とする請求項9に記載の加熱装置の評価方法。

【請求項11】基板上に感光性樹脂膜を形成する工程と、

前記感光性樹脂膜の複数の露光領域中の隣接する第1の露光部と第2の露光部に対して、それぞれの露光部に異なる照射量 $D_{0001}$ 、 $D_{0002}$ を1回の照射で与える工程と、

前記感光性樹脂膜に対して加熱処理を行い、該感光性樹脂膜の膜厚を、各露光領域中の第1及び第2の露光部、並びに隣接する未露光領域で測定し、各露光領域において第1の露光部と未露光領域との膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、第2の露光部と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_{r2}$ を求める工程と、

測定された各露光領域における膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、 $\Delta T_{r2}$ と、予め求められている露光量の変化に対する膜厚差の変化及び処理温度の変化に対する膜厚差の変化の関係から、前記加熱処理における加熱温度分布及び1回の照射で与える照射量の分布を求める工程とを含むことを特徴とする加熱装置及び露光装置の評価方法。

【請求項12】基板上に感光性樹脂膜を形成する工程と、

前記感光性樹脂膜の露光領域に対して、照射量 $D_{000}$ で露光を行う工程と、

前記感光性樹脂膜に対して加熱装置により加熱処理を行い、該感光性樹脂膜の膜厚を露光領域と隣接する未露光領域で測定し、露光領域と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_r$ を測定する工程と、

測定された露光領域における膜厚差 $\Delta T_r$ 及び、予め求められている膜厚差 $\Delta T_r$ と加熱処理温度との関係から、前記加熱処理における加熱温度を求める工程と、求められた加熱温度から前記加熱装置の調整を行う工程とを含む加熱装置の調整の後に、

被加工基板上にレジスト膜を形成する工程と、

投影基板上的パターンを前記レジスト膜に転写する工程と、

前記レジスト膜に対して前記加熱装置により加熱処理を行う工程と、

前記レジスト膜を現像液にさらして該レジスト膜の一部を選択的に除去する工程とを含むレジストパターン形成が行われることを特徴とするパターン形成方法。

【請求項13】被加工基板上にレジスト膜を形成する工程と、

露光量 $D_{000}$ で露光を行って、投影基板に形成されたパターンを前記レジスト膜に転写する工程と、

前記レジスト膜に対して加熱装置により加熱処理を行う工程と、

前記レジスト膜を現像液にさらして該レジスト膜の一部

を選択的に除去する工程とを含むパターン形成方法において、

前記加熱処理では、

前記レジスト膜の膜厚を露光領域と隣接する未露光領域で測定し、露光領域と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_r$ を測定し、

測定された露光領域における膜厚差 $\Delta T_r$ 、及び予め求められている膜厚差 $\Delta T_r$ と加熱処理温度との関係から加熱温度を求め、

求められた加熱温度に応じて前記加熱装置の制御条件の調整を行いつつ前記レジスト膜を加熱することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項14】前記照射量 $D_{opt}$ は、

前記膜厚差 $\Delta T_r$ の温度に対する変化量 $\partial \Delta T_r / \partial T$ が極大値取いは取いは最大となる値であることを特徴とする請求項12又は13に記載のパターン形成方法。

【請求項15】基板上に感光性樹脂膜を形成する工程と、

露光装置により前記感光性樹脂膜の露光領域中の隣接する第1の露光部と第2の露光部に対して、それぞれの露光部に異なる照射量 $D_{0.01}$ 、 $D_{0.01}$ を1回の照射で与える工程と、

前記感光性樹脂膜に対して加熱装置により加熱処理を行い、該感光性樹脂膜の膜厚を、露光領域中の第1及び第2の露光部、並びに隣接する未露光領域で測定し、露光領域において第1の露光部と未露光領域との膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、第2の露光部と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_{r2}$ を測定する工程と、

測定された露光領域における膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、 $\Delta T_{r2}$ と、予め求められている露光量の変化に対する膜厚差の変化及び処理温度の変化に対する膜厚差の変化の関係から、前記加熱処理における加熱温度及び該第1及び第2の露光部に対して照射された実際の照射量を求める工程と、

求められた加熱処理温度及び露光量から、前記加熱装置及び露光装置の調整を行う工程とを含む加熱装置及び露光装置の調整の後に、

被加工基板上にレジスト膜を形成する工程と、

前記露光装置により、前記露光投影基板上のパターンを前記レジスト膜に転写する工程と、

前記レジスト膜に対して前記加熱装置により加熱処理を行う工程と、

前記レジスト膜を現像液にさらして該レジスト膜の一部を選択的に除去する工程とを含むレジストパターン形成が行われることを特徴とするパターン形成方法。

【請求項16】被加工基板上にレジスト膜を形成する工程と、

露光装置により前記レジスト膜に対して露光を行って、投影基板上に形成されたパターンを前記レジスト膜に転写する工程と、

前記レジスト膜に対して加熱装置により加熱処理を行う工程と、

前記レジスト膜を現像液にさらして該レジスト膜の一部を選択的に除去する工程とを含むパターン形成方法において、

前記転写工程では、前記レジスト膜のモニタ領域中の隣接する第1の露光部と第2の露光部に対して、それぞれの露光部に異なる照射量 $D_{0.01}$ 、 $D_{0.01}$ を1回の照射で与え、

10 前記加熱処理工程では、

前記レジスト膜の膜厚を、前記モニタ領域中の第1及び第2の露光部、並びに隣接する未露光領域で測定し、該モニタ領域において第1の露光部と未露光領域との膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、第2の露光部と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_{r2}$ を測定し、

測定されたモニタ領域における膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、 $\Delta T_{r2}$ と、予め求められている露光量の変化に対する膜厚差の変化及び処理温度の変化に対する膜厚差の変化の関係から、前記モニタ領域の加熱温度を求め、

20 求められた加熱温度に応じて前記加熱装置の制御条件の調整を行いつつ前記レジスト膜を加熱することを特徴とするパターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被処理基体を加熱するための加熱装置に係わり、特に光リソグラフィ等において露光の前或いは後にレジストパターンを加熱するのに適した加熱装置、加熱装置の評価法及びパターン形成方法に関する。

30 【0002】

【従来の技術】従来、半導体装置の回路パターンを形成するために光リソグラフィが用いられているが、この光リソグラフィでは、露光の前後にレジストを加熱処理（ベーク）することが行われる。そして、露光前後の半導体ウェハ（被処理基体）の加熱において、従来は加熱中に熱板より供給される熱量を一定であるとして、一定の時間の加熱を行うことで加熱量を決めていた。

40 【0003】しかしながら、このような加熱量の管理方法では、ウェハ毎の加熱中の温度プロファイルが異なるために、ウェハ毎の加熱量が実際には異なっているという問題があった。また、ウェハの面内に温度分布がある場合にウェハの温度を計測することができないために、ウェハ面内の温度分布を均一にすることはできなかった。

50 【0004】そのため、加熱量によって大きくパターン寸法が変化するようなレジストを用いた場合、ウェハの面内及び面間に寸法ばらつきが生じていた。また、これまでに行われていた赤外光を用いた温度計測では、可視光や紫外光と比べて波長が長いため、光学的な変化をモニターする場合には十分な精度は得られていないのが現

状であった。

【0005】また、ウェハの面内の、レジストパターン  
の寸法を高精度にコントロールするためには、加熱中の  
半導体基板の処理温度を均一かつ正確に制御することが  
重要である。特にリソグラフィ工程では、化学増幅型レ  
ジストの導入により、露光後のPEB(Post Ex  
posure Bake)と呼ばれるベーク処理の温度  
均一性が重要視されている。

【0006】高精度の面内均一性を達成するためには、  
加熱処理中の基板表面温度を面内で正確に測定し、加熱  
装置の制御を行うことが必要となる。

【0007】加熱処理中の基板表面温度を計測する1つ  
の方法として、センサレー社製Process Pro  
be 1840型などの加熱処理する半導体基板と同一  
の基板に熱電対などの温度センサを埋め込んだものを加  
熱処理し、温度測定する方法が挙げられる。しかし、処  
理基板に埋設されたセンサと計測器とを結ぶ配線をベ  
ークユニットから外へ取り出すため、密閉空間でベーク処  
理を行うような場合、配線が密閉状態を損なうため、処  
理時の条件を温度計測時にそのまま再現することが困難  
であり、測定精度を欠く要因となっていた。また、温度  
測定の際に正確に基板の載置位置などの条件を再現する  
ことができないため、測定結果の信頼性を損なうことが  
問題となっていた。

【0008】また、溶剤などの揮発性物質を含むベーク  
処理を行う際、揮発物質が処理容器(チャンバ)に付着  
しないように、空気あるいは窒素などの不活性な気体で  
排気あるいはバージあるいはその両方を行いチャンバ内  
に風の流れを形成するのが一般的である。処理基板にセ  
ンサを埋め込んだもので温度計測すると、引き出しの配  
線によって、風のながれが乱れ、実際の処理と異なる状  
態で温度計測することになり、測定精度を劣化させる要  
因となっていた。また、センサを固定する封止樹脂によ  
り、排気の風による温度低下を正確に測定できることが  
できないという問題点があった。

【0009】この問題を解決するために、特開平11-  
8180号公報ではベーク処理中の表面温度をベークユ  
ニット内に組み込まれた赤外線温度センサ(赤外線サー  
モグラフィ法)で基板全域に渡り測定し、得られた温度  
分布情報により各分割ヒータの温度制御を行う方法が提  
案されている。しかし、赤外線温度センサを用いた温度  
計測値は、下地の膜構造や膜厚に大きく依存するため、  
十分な測定精度が得られないという問題点があった。ま  
た、基板全域に渡り計測できる高精度な赤外線温度セン  
サは一般に非常に高価なため、製造コストが高くなり、  
ベークユニットとしては実用的ではないという問題点が  
あった。

【0010】これに対し、特開平10-275755号  
公報では、PEB後に潜像の根堀(露光部/未露光部)  
を測定し、その結果をPEB温度条件へフィードバック

させる方法並びに装置が提案されている。しかし、この  
方法では、高価な計測機器をベークユニットに搭載しな  
いというメリットがあるものの、レジスト潜像が矩形形  
状にならないため、その線幅を正確に測定することが難  
しく、PEB温度条件に精度良くフィードバックさせる  
ことが困難であるという問題点が生じていた。

【0011】また、一般に、ウェハ面内を全くの同一露  
光量で露光するのは困難で、各ショット間には露光量ば  
らつきが生じる。そのため、寸法ばらつきを抑制するた  
めには、温度分布を均一にすると同時に、実際にレジス  
トに入射する露光量の分布を阻害する必要がある。と  
ころが、温度分布と実際に照射された露光量の分布を正  
確に測定することができなかった。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、レジ  
ストを塗布した被処理基板に対して露光前後の加熱処理  
を施す際に、被処理基体の加熱量を正確に測定すること  
はできず、このためにレジストパターンの寸法ばらつき  
が生じる問題があった。

【0013】また、加熱処理時に被処理基板の加熱温度  
を正確に測定することができず、加熱装置の評価を行う  
ことができなかった。また、加熱温度を正確に測定する  
ことができないために、加熱装置の制御を行うことがで  
きず、面内の加熱温度にむらができ、レジストパター  
ンの寸法ばらつきが生じるという問題があった。

【0014】また、温度分布と実際に照射された露光量  
の分布を正確に測定することができず、露光装置及び加  
熱装置の評価を行うことができないという問題があっ  
た。また、また、実際の露光量及び加熱温度を正確に測  
定することができないために、露光装置及び加熱装置の  
制御を行うことができず、レジストパターンの寸法ば  
らつきが生じるという問題があった。

【0015】本発明は、上記事情を考慮して成されたも  
ので、その目的とするところは、被処理基体の加熱量を  
一定に制御することができ、レジストパターンの寸法ば  
らつきの低減等に寄与し得る加熱装置を提供することに  
ある。

【0016】また、本発明の別の目的とするところは、  
加熱処理時の温度を正確に測定して温度分布を求めるこ  
とができる加熱装置の評価方法を提供することにある。

【0017】また、本発明の別の目的とするところは、  
露光時に照射された露光量、並びに加熱処理時の温度を  
正確に測定して露光量分布及び温度分布を求めることが  
できる加熱装置及び露光装置の評価方法を提供すること  
にある。

【0018】また、本発明の別の目的は、加熱処理時の  
温度を正確に測定して温度分布を求めて、レジストパ  
ターンの寸法ばらつきの低減等を図る得るパターン形成方  
法を提供することにある。

【0019】また、本発明の別の目的は、露光時に実際

に照射された露光量、並びに加熱処理時の温度を正確に測定して温度分布を求めて露光装置及び加熱装置の制御を行うことによって、レジストパターンの寸法ばらつきの低減等を図る得るパターン形成方法を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】（構成）上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。

【0021】即ち本発明は、レジストを塗布した被処理基体を露光前又は露光後に加熱処理するための加熱装置において、被処理基体を加熱する加熱手段と、前記被処理基体に対し可視光又は紫外光を照射し、該基体からの反射光の強度を検出する光強度検出手段と、前記検出された反射光強度に基づいて前記加熱手段による加熱を制御する加熱制御手段とを具備してなることを特徴とする。

【0022】また本発明は、レジストを塗布した被処理基体を露光前又は露光後に加熱処理するための加熱装置において、被処理基体を加熱する加熱手段と、前記被処理基体の複数の場所に可視光又は紫外光を照射し、それぞれの場所からの反射光の強度を検出する光強度検出手段と、前記検出された複数の反射光強度に基づいて前記加熱手段による加熱を制御する加熱制御手段とを具備してなることを特徴とする。

【0023】ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものかあげられる。

(1) 加熱手段は、電気的な加熱機能を持ち、被処理基体が載置される試料台からなること。

(2) 被処理基体上に照射する可視光又は紫外光は狭帯域化された光であること。

【0024】(3) 光強度検出手段は、被処理基体の任意の場所に光を照射し、加熱時に生じる被処理基体上のレジストの組成変化又は組織変化に伴う膜厚変化を反射光強度の変化として検出するものであること。

(4) 光強度検出手段は、被処理基体の露光領域に光を照射し、加熱時に生じる被処理基体上のレジストの層厚変化を反射光強度の変化として検出するものであること。

(5) 光強度検出手段は、反射光強度の検出領域を画像として認識できる機能を具備し、かつ検出領域の強度を算出する機能を具備すること。

(6) 光強度検出手段は、被処理基体を反射光強度の検出領域に移動する機構と、該検出領域からの反射光のみを検出できるような光学系と、該検出領域の強度を算出する機構とを有すること。

【0025】(7) 加熱制御手段は、反射光強度から得られる積算の加熱量をもとにして次の加熱量を決定し、該決定した加熱量となるように加熱手段を制御するものであること。

(8) 加熱制御手段は、反射光強度から得られる積算の加熱量の微分値をもとに次の加熱量を決定し、該決定した

加熱量となるように加熱手段を制御するものであること。

【0026】(9) 加熱制御手段は、決定された加熱量をもとに加熱手段の電力を一定として該加熱手段の電源スイッチをオン・オフして制御すること。

(10) 加熱制御手段は、決定された加熱量をもとに加熱手段の電圧を一定として電流を制御すること。

(11) 加熱制御手段は、決定された加熱量をもとに加熱手段の電流を一定として電圧を制御すること。

(12) 加熱制御手段は、反射光の検出強度が予め得られている加熱終了時の反射光強度となった時点を加熱処理終了時間とすること。

【0027】また、本発明（請求項9）は、基板上に感光性樹脂膜を形成する工程と、前記感光性樹脂膜の複数の露光領域に対して、照射量 $D_{0.1}$ で露光を行う工程と、前記感光性樹脂膜に対して加熱処理を行い、該感光性樹脂膜の膜厚をそれぞれの露光領域と隣接する未露光領域で測定し、露光領域と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_r$ を求める工程と、求められた各露光領域における膜厚差 $\Delta T_r$ 及び、予め求められている膜厚差 $\Delta T_r$ と加熱処理温度との関係から、前記加熱処理における加熱温度分布を求める工程とを含むことを特徴とする。

【0028】なお、本発明においては、前記照射量 $D_{0.1}$ は、前記膜厚差 $\Delta T_r$ の温度に対する変化量 $\partial \Delta T_r / \partial T$ が極大値或いは或いは最大となる値であることが好ましい。

【0029】また、本発明（請求項11）は、基板上に感光性樹脂膜を形成する工程と、前記感光性樹脂膜の複数の露光領域中の隣接する第1の露光部と第2の露光部に対して、それぞれの露光部に異なる照射量 $D_{0.11}$ 、 $D_{0.12}$ を1回の照射で与える工程と、前記感光性樹脂膜に対して加熱処理を行い、該感光性樹脂膜の膜厚を、各露光領域中の第1及び第2の露光部、並びに隣接する未露光領域で測定し、各露光領域において第1の露光部と未露光領域との膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、第2の露光部と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_{r2}$ を求める工程と、測定された各露光領域における膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、 $\Delta T_{r2}$ と、予め求められている露光量の変化に対する膜厚差の変化及び処理温度の変化に対する膜厚差の変化の関係から、前記加熱処理における加熱温度分布及び1回の照射で与える照射量の分布を求める工程とを含むことを特徴とする。

【0030】また、本発明（請求項12）は、基板上に感光性樹脂膜を形成する工程と、前記感光性樹脂膜の露光領域に対して、照射量 $D_{0.1}$ で露光を行う工程と、前記感光性樹脂膜に対して加熱装置により加熱処理を行い、該感光性樹脂膜の膜厚を露光領域と隣接する未露光領域で測定し、露光領域と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_r$ を測定する工程と、測定された露光領域における膜厚差 $\Delta T_r$ 及び、予め求められている膜厚差 $\Delta T_r$ と加熱処理温度との関係から、前記加熱処理における加熱温度を求

める工程と、求められた加熱温度から前記加熱装置の調整を行う工程とを含む加熱装置の調整の後に、被加工基板上にレジスト膜を形成する工程と、投影基板上のパターンを前記レジスト膜に転写する工程と、前記レジスト膜に対して前記加熱装置により加熱処理を行う工程と、前記レジスト膜を現像液にさらして該レジスト膜の一部を選択的に除去する工程とを含むレジストパターン形成が行われることを特徴とする。また、本発明（請求項13）は、被加工基板上にレジスト膜を形成する工程と、露光量 $D_{00}$ で露光を行って、投影基板に形成されたパターンを前記レジスト膜に転写する工程と、前記レジスト膜に対して加熱装置により加熱処理を行う工程と、前記レジスト膜を現像液にさらして該レジスト膜の一部を選択的に除去する工程とを含むパターン形成方法において、前記加熱処理では、前記レジスト膜の膜厚を露光領域と隣接する未露光領域で測定し、露光領域と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_r$ を測定し、測定された露光領域における膜厚差 $\Delta T_r$ 、及び予め求められている膜厚差 $\Delta T_r$ と加熱処理温度との関係から加熱温度を求め、求められた加熱温度に応じて前記加熱装置の制御条件の調整を行いつつ前記レジスト膜を加熱することを特徴とする。

【0031】なお、本発明においては、前記照射量 $D_{op}$ は、前記膜厚差 $\Delta T_r$ の温度に対する変化量 $\partial \Delta T_r / \partial T$ が極大値或いは或いは最大となる値であることが好ましい。

【0032】また、本発明（請求項15）は、基板上に感光性樹脂膜を形成する工程と、露光装置により前記感光性樹脂膜の露光領域中の隣接する第1の露光部と第2の露光部に対して、それぞれの露光部に異なる照射量 $D_{001}$ 、 $D_{002}$ を1回の照射で与える工程と、前記感光性樹脂膜に対して加熱装置により加熱処理を行い、該感光性樹脂膜の膜厚を、露光領域中の第1及び第2の露光部、並びに隣接する未露光領域で測定し、露光領域において第1の露光部と未露光領域との膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、第2の露光部と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_{r2}$ を測定する工程と、測定された露光領域における膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、 $\Delta T_{r2}$ と、予め求められている露光量の変化に対する膜厚差の変化及び処理温度の変化に対する膜厚差の変化の関係から、前記加熱処理における加熱温度及び該第1及び第2の露光部に対して照射された実際の照射量を求める工程と、求められた加熱処理温度及び露光量から、前記加熱装置及び露光装置の調整を行う工程とを含む加熱装置及び露光装置の調整の後に、被加工基板上にレジスト膜を形成する工程と、前記露光装置により、前記露光投影基板上的パターンを前記レジスト膜に転写する工程と、前記レジスト膜に対して前記加熱装置により加熱処理を行う工程と、前記レジスト膜を現像液にさらして該レジスト膜の一部を選択的に除去する工程とを含むレジストパターン形成が行われることを特徴とする。

【0033】また、本発明（請求項16）は、被加工基板上にレジスト膜を形成する工程と、露光装置により前記レジスト膜に対して露光を行って、投影基板に形成されたパターンを前記レジスト膜に転写する工程と、前記レジスト膜に対して加熱装置により加熱処理を行う工程と、前記レジスト膜を現像液にさらして該レジスト膜の一部を選択的に除去する工程とを含むパターン形成方法において、前記転写工程では、前記レジスト膜のモニタ領域中の隣接する第1の露光部と第2の露光部に対して、それぞれの露光部に異なる照射量 $D_{001}$ 、 $D_{002}$ を1回の照射で与え、前記加熱処理工程では、前記レジスト膜の膜厚を、前記モニタ領域中の第1及び第2の露光部、並びに隣接する未露光領域で測定し、該モニタ領域において第1の露光部と未露光領域との膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、第2の露光部と未露光領域の膜厚差 $\Delta T_{r2}$ を測定し、測定されたモニタ領域における膜厚差 $\Delta T_{r1}$ 、 $\Delta T_{r2}$ と、予め求められている露光量の変化に対する膜厚差の変化及び処理温度の変化に対する膜厚差の変化の関係から、前記モニタ領域の加熱温度を求め、求められた加熱温度に応じて前記加熱装置の制御条件の調整を行いつつ前記レジスト膜を加熱することを特徴とする。

【0034】（作用）加工寸法の微細化に伴い、被処理基体の面内及び面間での寸法の均一性が必要となっている。加熱温度によって大きく寸法が変化してしまうレジストでは、被処理基体の面内及び面間の温度の均一性が特に必要となってきている。

【0035】そこで本発明では、加熱中の被処理基体におけるレジストそのものの情報、即ち膜厚の変化や潜像の変化を光学的に捉えることで、被処理基体に与えられた加熱量のモニタリングを行う。さらに、このモニタリングを赤外光よりも波長の短い可視光又は紫外光を用いて行う。そして、この結果を加熱手段に反映させることで、被処理基体の面内加熱量の均一性及び面間加熱量の均一性を向上させることが可能になり、面内及び面間での寸法の均一性を大きく向上させることができる。

【0036】従って本発明によれば、被処理基体の加熱量を一定に制御することができ、レジストパターンの寸法ばらつきを低減し、これによりデバイスの信頼性及び製造歩留まりの向上等に寄与することが可能となる。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

【0038】（第1の実施形態）図1は、本発明を露光後のウェハ加熱時の加熱量モニターに利用した実施形態に関する装置構成図である。ここで、入射光及び0次光は斜め方向になっているが、垂直方向であってもよい。また、被処理基板をウェハとしているが、これはレチクル、液晶用基板など全てに適用できる。

【0039】本実施形態の加熱装置では、熱板108上

に配置されたウェハ107に対し、光源101より上部の観察窓105を介して計測光102が入射される。観察窓105は、計測光102に対し十分な透過性を有するものである。ウェハ107からの0次光103は観察窓105を介してCCDカメラ104で検出される。そして、画像処理によりモニターパターン109のエリアが認識され、モニターパターン109からの0次光強度が算出されるものとなっている。

【0040】なお、モニターパターン109は、ウェハ107上のレジスト106に露光により形成された潜像であり、デバイスパターンとは異なる領域に配置してもよい。また、モニターするパターンはデバイスパターンそのものでもよいが、より加熱温度に対して0次光強度の変化が敏感なパターンであることが望ましい。モニターパターンの一例として、ここでは図2に示すようなホール径が0.5μmの市松格子状のパターンを用いている。

【0041】本実施形態の装置を用いて、露光後のベーク（Post Exposure Bake：以下PEBと略記する）温度を140℃とした場合のPEB時間と0次光強度の関係を、図3に示す。この関係より、PEB時間により0次光強度が変化することが分かる。0次光強度の変化はモニターパターン部分の潜像の変化（光学定数は膜厚）、即ち反応の進み具合（図21に示すSにあたる）を示す。従って、潜像の変化をモニターすることで、反応量を直接把握することができ、潜像が一定量変化したところでベークを停止させることで、各基板の反応量が同一になるように制御できる。

【0042】このように本実施形態では、加熱中のモニターパターン部分の0次光強度が加熱量により変化することを利用し、これをモニターすることによって、加熱中のウェハの加熱量を正確に検出することができる。従って、この加熱量をモニターし、所望の値に達した時点で加熱を終了させることで、精度の高い加熱量制御が可能となり、ウェハ毎の加熱量を一定とすることができる。これにより、露光後の加熱によるウェハ間のレジストパターンの寸法ばらつきを低減することができ、その結果として、デバイスの信頼性及び製造歩留まりの向上をはかることが可能となる。

【0043】（第2の実施形態）図4は、本発明を露光前のウェハ加熱時の加熱量モニターに利用した実施形態に関する装置構成図である。ここで、入射光及び0次光は斜め方向になっているが、垂直方向であってもよい。また、被処理基板をウェハとしているが、これはレティクル、液晶用基板など全てに適用できる。

【0044】本実施形態の加熱装置では、熱板408上に配置されたウェハ407に対し、光源401より上部の観察窓405を介して計測光402が入射される。観察窓405は、計測光402に対し十分な透過性を有するものである。ウェハ407からの0次光403は観察

窓405を介して検出器404で検出され、レジスト406からの0次光強度が算出される。

【0045】本実施形態の装置を用いて、露光前のベーク（pre assist bake：以下PABと略記する）温度を140℃とした場合のPAB時間と0次光強度の関係を、図5に示す。この関係より、PAB時間により0次光強度が変化することが分かる。0次光強度の変化は溶剤が膜中より蒸発したことで生じるレジスト部分の膜厚の変化を意味する。従って、膜厚の変化をモニターすることで、溶剤の蒸発量及び蒸発の過程を知ることができ、単位時間当たりの蒸発量に変化を持たせることでレジストの膜厚方向で組成比に変化を持たせることができ、また特定の反射率が得られた時点でベークを停止することで、所望の残存溶剤量を有した所望膜厚の膜を得ることができる。

【0046】このように本実施形態では、加熱中のレジスト部分の0次光強度が加熱量により変化することを利用し、これをモニターすることによって、加熱中のウェハの加熱量を正確に検出することができる。従って、この加熱量をモニターし、所望の値に達した時点で加熱を終了させることで、精度の高い加熱量制御が可能となり、ウェハ毎の加熱量を一定とすることができる。これにより、露光前の加熱によるウェハ間の寸法ばらつきを低減することができ、その結果として、デバイスの信頼性及び製造歩留まりの向上をはかることが可能となる。

【0047】（第3の実施形態）図6は、本発明を露光後のウェハ加熱時の加熱量モニターに利用した実施形態に関する装置構成図である。ここで、入射光及び0次光は斜め方向になっているが、垂直方向であってもよい。また、被処理基板をウェハとしているが、これはレティクル、液晶用基板など全てに適用できる。

【0048】本実施形態の加熱装置では、グレーティングにより分光可能なランプハウス601で波長470nm（半値幅5nm）に狭帯化した光は、加熱ユニットと観察窓612で分離して設置されているコリメーションレンズ603に光ファイバー602により導入される。観察窓612は、計測光に対し十分な透過性を有するものである。ここで入射させる光をコリメーションレンズ603によりほぼ単色の平行光604とし、加熱中のウェハ607に入射させる。

【0049】ウェハ607からの0次光613は観察窓612を介してCCDカメラ614で検出される。そして、画像処理によりウェハ607上のレジスト608に形成されたモニターパターン611のエリアが認識され、モニターパターン611からの0次光強度が算出されるものとなっている。なお、図中の605は空気の流れ、608は昇降機、609は熱板、610は絶縁体を示している。また、モニターパターン611としては、第1の実施形態で説明したようなものを用いることができ、ここでは前記図2に示すようなホール径が0.5μ

mの市松格子状のパターンを用いる。

【0050】本装置における加熱量モニターのブロック図を、図7に示す。制御部701より加熱開始の信号が、加熱ユニット714、ランプハウス703、コリメーションレンズの駆動機構707、CCDカメラの駆動機構710に送られ、加熱が始まる。ランプハウス703には波長の情報が送られ、決められた波長の光がファイバー704を通して、コリメーションレンズ705に入射される。コリメーションレンズ705及びCCDカメラ712はモニターパターンの位置に移動し、モニターパターンからの0次光強度を検出する。なお、図中の715はレジスト、716はウェハを示している。

【0051】本実施形態の装置を用いて、PEB温度を140℃とした場合のPEB時間と0次光強度の関係は、前記図3に示した通りとなる。この関係より、PEB時間により0次光強度が変化することが分かる。第1の実施形態で示した通り、0次光強度は加熱量に相当する。従って、ウェハの加熱中に0次光強度をモニターすることで、加熱量を測定することができる。従って、所望の加熱量となった時点で、制御部701より加熱終了の信号が加熱ユニット714、ランプハウス703、コリメーションレンズの駆動機構707、CCDカメラの駆動機構710に送られ、加熱を終了させることができる。

【0052】このように本実施形態では、加熱中のモニターパターン部分の0次光強度が加熱量により変化することを利用し、これをモニターすることによつて、加熱中のウェハの加熱量を正確に検出することができる。従って、第1の実施形態と同様に、ウェハ毎の加熱量を一定にして加熱によるウェハ間のレジストパターンの寸法ばらつきを低減することができ、デバイスの信頼性及び製造歩留まりの向上をはかることが可能となる。

【0053】(第4の実施形態)図8は、本発明を露光後のウェハ加熱時の加熱量モニターに利用した実施形態に関する装置構成図である。ここで、入射光及び0次光は垂直方向になっているが、斜め方向であってもよい。また、被処理基板をウェハとしているが、これはレティクル、液晶用基板など全てに適用できる。

【0054】本実施形態の加熱装置では、狭帯域フィルタにより分光可能なランプハウス801で波長470nm(半値幅5nm)に狭帯化した光は、加熱ユニットと観察窓818で分離して設置されているモニターヘッド803に光ファイバー802により導入される。観察窓818は、計測光に対して十分な透過性を有するものである。ここで入射させる光をコリメーションレンズ804によりほぼ単色の平行光805とし、加熱中のウェハ812に入射させる。

【0055】ウェハ812上のレジスト811からの0次光806は観察窓818を介してファイバー808で検出され、強度測定器809によりレジスト未露光部分

からの0次光強度が算出される。このとき、モニターヘッド803内での入射光のファイバー802と検出光のファイバー808の角度は、入射光が検出ファイバーで検出できるような角度に調整してある。また、検出ファイバーのレンズ807はレジスト未露光部分からの反射光だけを検出するように、レンズの開口径が決められている。

【0056】なお、図中の810は空気の流れ、813は熱板、814は昇降機、815は絶縁体を示している。

【0057】本装置における加熱量モニターのブロック図を、図9に示す。制御部901より加熱開始の信号が、加熱ユニット913、ランプハウス903、モニターヘッドの駆動機構910に送られ、加熱が始まる。ランプハウス903には波長の情報が送られ、決められた波長の光がファイバー904を通して、モニターヘッド905に入射される。モニターヘッド905はウェハのショットマップをもとにレジストの未露光部分の位置に移動する。そして、検出された光は強度検出器907に送られ、レジスト未露光部からの0次光強度が算出される。

【0058】本実施形態の装置を用いて、PEB温度を140℃とした場合のPEB時間と0次光強度の関係は、図15に示した通りとなる。この関係より、PEB時間により0次光強度が変化することが分かる。第1の実施形態で示した通り、0次光強度は加熱量に相当する。従って、ウェハの加熱中に0次光強度をモニターすることで、加熱量を測定することができる。従って、所望の加熱量となった時点で、制御部901より加熱終了の信号が加熱ユニット913、ランプハウス903、モニターヘッドの駆動機構910に送られ、加熱を終了させることができる。

【0059】このように本実施形態では、加熱中におけるレジストの未露光部分の0次光強度が加熱量により変化することを利用し、これをモニターすることによつて、加熱中のウェハの加熱量を正確に検出することができる。従って、第2の実施形態と同様に、ウェハ毎の加熱量を一定にして加熱によるウェハ間のレジストパターンの寸法ばらつきを低減することができ、デバイスの信頼性及び製造歩留まりの向上をはかることが可能となる。

【0060】(第5の実施形態)図10は、本発明を露光後のウェハ加熱時の加熱量モニターに利用した実施形態に関する装置構成図である。ここで、入射光及び0次光は垂直方向になっているが、斜め方向であってもよい。また、被処理基板をウェハとしているが、これはレティクル、液晶用基板など全てに適用できる。

【0061】狭帯域フィルタにより分光可能なランプハウス1001で波長470nm(半値幅5nm)に狭帯化した光1002は、加熱ユニットと観察窓1013で



分離して設置されているモニターヘッド1003に光ファイバー1002により導入される。観察窓1013は、計測光に対し十分な透過性を有するものである。ここで入射させる光をコリメーションレンズ1004によりほぼ単色の平行光とし、加熱中のウェハ1008に入射させる。

【0062】ウェハ1008からの0次光は観察窓1013を介してCCDカメラ1005で検出される。そして、画像処理によりレジスト1007に形成されたモニターパターン1009のエリアが認識され、モニターパターン1009からの0次光強度が算出される。また、入射光のファイバー1002の角度とCCDカメラ1005の検出角度とは等しくなるように設定されている。モニターパターン1009としては、第1の実施形態で説明したようなものを用いることができ、ここでは前記図2に示すようなホール径が0.5μmの市松格子状のパターンを用いる。

【0063】なお、図中の1006は空気の流れ、1011は昇降機、1010は熱板、1012は絶縁体を示している。

【0064】本装置における加熱量モニターのプロック図を、図11に示す。制御部1101より加熱開始の信号が、加熱ユニット1111、ランプハウス1103、モニターヘッドの駆動機構1108に送られ、加熱が始まる。ランプハウス1103には波長の情報が送られ、決められた波長の光がファイバー1104を通して、モニターヘッド1105に入射される。モニターヘッド1105はウェハのショットマップをもとにモニターパターンの位置に移動し、0次光強度を算出する。なお、図中の1112はレジスト、1113はウェハを示している。

【0065】PEBの標準的な条件を、PEB温度140℃、PEB時間90秒とする。PEB温度が140℃と一定の場合のPEB時間とパターン露光の反射光強度の関係は、図12のようになる。実際のプロセスではウェハの温度は一定でないため、反射光の強度は図12と一致しないプロファイルをとる。従って、あるPEB時間において反射光強度から加熱量の積算値を算出し、その積算値をもとに次の時間の加熱量を決定する。

【0066】加熱量が少ない場合には加熱ユニットに対して電流値を上げるようにフィードバックし、逆に加熱量が多い場合には加熱ユニットに対して電流値を下げるようにフィードバックする。そして、反射光強度の値がPEB終了時の所望値となった時点で、制御部1101より加熱終了の信号が加熱ユニット1111、ランプハウス1103、モニターヘッドの駆動機構1108に送られ、これにより加熱を終了させる。

【0067】このように本実施形態では、加熱中のモニターパターン部分の0次光強度が加熱温度と加熱時間により変化することを利用し、0次光強度をモニターする

ことによって、加熱中のウェハの加熱量を正確に検出することができる。従って、一定の温度となるように加熱装置にフィードバックすることで、ウェハの温度を一定に保つことができる。また、加熱量が所望の値に達した時点で加熱を終了させることにより、総加熱量の制御が可能となり、ウェハ毎の加熱量を一定とすることができる。これらより、ウェハ毎の加熱条件が一定となり、ウェハ間のレジストパターンの寸法ばらつきが低減され、デバイスの信頼性及び歩留まりが大きく向上する。

【0068】(第6の実施形態)図13は、本発明を露光後のウェハ加熱時の加熱量モニターに利用した実施形態に関する装置構成図である。ここで、入射光及び0次光は垂直方向になっているが、斜め方向であってもよい。また、被処理基板をウェハとしているが、これはレチクル、液晶用基板など全てに適用できる。

【0069】グレーティングにより分光可能なランプハウス1301で波長470nm(半値幅5nm)に狭帯化した光は、加熱ユニットと観察窓1315で分離して設置されているモニターヘッド1303に光ファイバー1302により導入される。観察窓1315は、計測光に対し十分な透過性を有するものである。ここで入射させる光をコリメーションレンズ1304によりほぼ単色の平行光1305とし、加熱中のウェハ1311に入射させる。

【0070】ウェハ1311上のレジスト1310からの0次光1306は観察窓1315を介してファイバー1308で検出され、強度測定器1309によりレジスト未露光部分からの0次光強度が算出される。このとき、モニターヘッド1303内での入射光のファイバー1302と検出光のファイバー1308の角度は、入射光が検出ファイバーで検出できるような角度に調整してある。また、検出ファイバーのレンズ1307はレジスト未露光部分からの反射光だけを検出するように、レンズの開口数が決められている。なお、図中の1312は熱板、1313は昇降機、1314は絶縁体を示している。

【0071】本装置における加熱量モニターのプロック図を、図14に示す。制御部1401より加熱開始の信号が、加熱ユニット1413、ランプハウス1403、モニターヘッドの駆動機構1410に送られ、加熱が始まる。ランプハウス1403には波長の情報が送られ、決められた波長の光がファイバー1404を通して、モニターヘッド1405に入射される。モニターヘッド1405はウェハのショットマップをもとにレジストの露光部分の位置に移動する。検出した光は強度検出器1407に送られ、レジスト未露光部分からの0次光強度を算出する。なお、図中の1414はレジスト、1415はウェハを示している。

【0072】PEBの標準的な条件を、PEB温度140℃、PEB時間90秒とする。PEB温度が140℃

と一定の場合のPEB時間とレジスト未露光部分の反射光強度の関係は、図15のようになる。実際のプロセスではウェハの温度は一定でないため、反射光の強度は図15と一致しないプロファイルをとる。従って、あるPEB時間において反射光強度から加熱量の積算値を算出し、その微分値をもとに次の時間の加熱量を決定する。

【0073】加熱量が少ない場合には加熱ユニットに対して電圧値を上げるようにフィードバックし、逆に加熱量が多い場合には加熱ユニットに対して電圧値を下げるようにフィードバックする。そして、反射光強度の値がPEB終了時の所望値となった時点で、制御部1401より加熱終了の信号が加熱ユニット1413、ランプハウス1403、モニターヘッドの駆動機構1410に送られ、これにより加熱を終了させる。

【0074】このように本実施形態では、加熱中のレジスト未露光部分の0次光強度が加熱温度と加熱時間により変化するため、0次光強度をモニターすることで、加熱中のウェハの加熱量を正確に検出することができる。従って、一定の温度となるように加熱装置にフィードバックすることで、ウェハの温度を一定に保つことができる。また、加熱量が所望の値に達した時点で加熱を終了させることにより、総加熱量の制御が可能となり、ウェハ毎の加熱量を一定とすることができる。これらよりウェハ毎の加熱条件が一定となり、ウェハ間のレジストパターンの寸法ばらつきが低減され、デバイスの信頼性及び歩留まりが大きく向上する。

【0075】(第7の実施形態)図16は、本発明を露光後のウェハ加熱時の加熱量モニターに利用した実施形態に関する装置構成図である。ここで、入射光及び0次光は垂直方向になっているが、斜め方向であってもよい。ここでは被処理基板をウェハとしているが、これはレティクル、液晶用基板など全てに適用できる。

【0076】狭帯域フィルタにより分光可能なランプハウス1601で波長470nm(半値幅5nm)に狭帯域化した光を、加熱ユニットと観察窓1613で分離して設置されている2つのモニターヘッド1603、1614に、光ファイバー1602により導入する(両者は同じヘッドであるため、以下は1603のみ構成を記す)。観察窓1613は、計測光に対し十分な透過性を有するものである。ここで入射させる光をコリメーションレンズ1604によりほぼ単色の平行光とし、加熱中のウェハ1608に入射させる。

【0077】ウェハからの0次光は、観察窓1613を介してCCDカメラ1605で検出される。そして、画像処理によりレジスト1607に露光されたモニターパターン1609のエリアが認識され、モニターパターン1609からの0次光強度が算出される。入射光のファイバー1603の角度とCCDカメラ1605の検出角度は等しくなるように設定されている。

【0078】ここで、モニターヘッドを2つ用いるた

め、モニターパターン1609も2箇所に配置されている。モニターパターン1609としては、第1の実施形態で説明したようなものを用いることができ、ここでは前記図2に示すようなホール径が0.5 $\mu$ mの市松格子状のパターンを用いる。

【0079】なお、図中の1606は空気の流れ、1611は昇降機、1610は熱板、1612は絶縁体、1616は制御部を示している。

【0080】本装置における加熱量モニターのブロック図を、図17に示す。制御部1701より加熱開始の信号が、加熱ユニット1712、ランプハウス1703、モニターヘッドの駆動機構1709に送られ、加熱が始まる。ランプハウス1703には波長の情報が送られ、決められた波長の光がファイバー1704を通して、モニターヘッド1705、1708に入射される。モニターヘッド1705、1708はウェハのショットマップをもとにモニターパターンの位置に移動し、0次光強度を算出する。なお、図中の1713はレジスト、1714はウェハを示している。

【0081】PEBの標準的な条件を、PEB温度140℃、PEB時間90秒とする。PEB温度が140℃と一定の場合のPEB時間とパターン露光部分の反射光強度の関係は、前記図12のようになる。実際のプロセスではウェハの温度は一定でなく、またウェハ面内の温度が均一でないため、2つのモニターヘッドで計測される反射光の強度は図12と一致しないプロファイルをとる。従って、あるPEB時間において反射光強度から加熱量の積算値を算出し、その積算値をもとに次の時間の加熱量を決定する。

【0082】加熱量が少ない場合には加熱ユニットに対して電圧値を上げるようにフィードバックし、逆に加熱量が多い場合には加熱ユニットに対して電圧値を下げるようにフィードバックする。そして、反射光強度の値がPEB終了時の所望値となった時点で、制御部1701より加熱終了の信号が加熱ユニット1712、ランプハウス1703、モニターヘッドの駆動機構1709に送られ、これにより加熱を終了させる。

【0083】このように本実施形態では、加熱中のモニターパターン部分の0次光強度が加熱温度と加熱時間により変化することを利用し、0次光強度をモニターすることによって、加熱中のウェハの加熱量を正確に検出することができる。従って、第5の実施形態と同様に、ウェハの温度を一定に保つことができ、さらにウェハ毎の加熱量を一定とすることができる。ウェハ毎に加熱条件が一定にしてウェハ間のレジストパターンの寸法ばらつきが低減される。さらに、複数のモニターヘッドを設けることにより、ウェハ面内の加熱の均一性が向上し、ウェハ面内の寸法ばらつきも低減される。これらより、デバイスの信頼性及び製造歩留まりが大きく向上する。

【0084】(第8の実施形態)図18は、本発明を露

光前後のウェハの加熱時の加熱量モニターに利用した実施形態に関する装置構成図である。ここで、入射光及び0次光は垂直方向になっているが、斜め方向であってもよい。ここでは被処理基板をウェハとしているが、これはレティクル、液晶用基板など全てに適用できる。

【0085】グレーティングにより分光可能なランプハウス1801で波長470nm(半値幅5nm)に狭帯化した光を、加熱ユニットと観察窓1815で分離して設置されている2つのモニターヘッド1803、1808に、光ファイバー1802により導入する(両者は同じヘッドであるため、以下は1803のみ構成を記す)。観察窓1815は、計測光に対し十分な透過性を有するものである。ここで入射させる光をコリメーションレンズ1804によりほぼ単色の平行光とし、加熱中のウェハ1811に入射させる。

【0086】ウェハ1811上のレジスト1810からの0次光は、観察窓1815を介して集光レンズ1806により就航されてファイバー1805で検出され、強度測定器1807によりレジスト1810からの0次光強度が算出される。このとき、モニターヘッド1803内での入射光のファイバー1802と検出光のファイバー1805との角度は、入射光が検出ファイバーで検出できるような角度に調整されている。なお、図中の1809は空気の流れ、1813は昇降機、1812は熱板、1814は絶縁体を示している。

【0087】本装置における加熱量モニターのプロック図を、図19に示す。制御部1901より加熱開始の信号が、加熱ユニット1914、ランプハウス1903、モニターヘッドの駆動機構1909に送られ、加熱が始まる。ランプハウス1903には波長の情報が送られ、決められた波長の光がファイバー1904を通して、モニターヘッド1905、1906に入射される。モニターヘッド1905、1906はウェハのレジストの位置に移動する。検出した光は強度検出器1911に送られ、レジスト部分からの0次光強度を算出する。なお、図中の1915はレジスト、1916はウェハを示している。

【0088】PABの標準的な条件を、PAB温度140℃、PAB時間90秒とする。PAB温度が140℃と一定の場合のPAB時間とレジストの反射光強度の関係は、図20のようになる。実際のプロセスではウェハの温度は一定でなく、またウェハ面内の温度が均一でないため、2つのモニターヘッドで計測される反射光の強度は図20と一致しないプロファイルをとる。従って、あるPAB時間においてそれぞれの反射光強度が所望値よりも小さい場合は加熱ユニットに対して電圧値を上げるようにフィードバックし、逆にそれぞれの反射光が所望値よりも大きい場合には加熱ユニットに対して電圧値を下げるようにフィードバックする。そして、反射光強度の値がPAB終了時の所望値となった時点で、制御部

1901より加熱終了の信号が加熱ユニット1914、ランプハウス1903、モニターヘッドの駆動機構1909に送られ、加熱を終了させる。

【0089】このように本装置では、加熱中のレジスト部分の0次光強度が加熱温度と加熱時間により変化することを利用し、0次光強度をモニターすることによって、加熱中のウェハの加熱量を正確に検出することができる。従って、第8の実施形態と同様に、ウェハの温度を一定に保つことができ、さらにウェハ毎の加熱量を一定とすることができる。ウェハ毎に加熱条件を一定にしてウェハ間レジストパターン寸法のばらつきが低減される。さらに、複数のモニターヘッドを設けることにより、ウェハの面内の加熱の均一性が向上し、ウェハ面内の寸法ばらつきも低減される。これらより、デバイスの信頼性及び製造歩留まりが大きく向上する。

【0090】(第9の実施形態)半導体素子の微細化に伴い、高精度の寸法コントロールを行うには、製造工程中の半導体基板の処理温度を均一かつ正確に制御することが重要である。特にリソグラフィ工程では、化学増幅型レジストの導入により、露光後のPEB(PostExposure Bake)と呼ばれるベーク処理の温度均一性が重視されている。

【0091】そこで、以下の実施形態では、露光後、且つ現像前のレジスト(感光性樹脂膜)を温度計測媒体として用いて、PEBにおけるレジスト膜面内の温度分布を測定する方法について説明する。また、測定された温度分布から、加熱処理に用いた加熱処理装置の調整を行って温度分布を均一にする方法についても説明する。

【0092】図22は、リソグラフィ工程に於いて半導体基板(以下ウェハと称す)の処理を行う処理システムを模式的に示した図である。この処理システム2200では、露光前の反射防止膜及びレジスト膜形成などの処理や露光後の加熱処理、現像処理などが行われる。

【0093】なお、処理システム2200と図示されない露光装置との間では、処理システム2200内のインターフェースユニットINTを介して、ウェハの受け渡し可能な構成となっている。

【0094】ウェハが載置されるウェハステーションWSに搬送ユニットCARが接続されている。搬送ユニットCARには、ウェハ上に反射防止膜を塗布する塗布ユニットCOT1、反射防止膜が塗布されたウェハのベーク処理を行うベークユニットHP1、ウェハ上にレジストを塗布する塗布ユニットCOT2、レジストが塗布されたウェハのベーク処理を行うベークユニットHP2が接続されている。また、図示されない露光装置で露光が行われたウェハのベーク処理を行うベークユニットHP3が搬送ユニットCARに接続されている。そして、搬送ユニットCARに現像を行う現像ユニットDEVが接続されている。

【0095】本実施形態では、ウェハ上に塗布されたレ

ジストを温度計測媒体として用い、且つ現像処理は行わず、PEB (Post Exposure Bake) 後のウェハを評価して、ベークユニットHP3の制御条件を求めた。以下に、その詳細を説明する。

【0096】ウェハステーションWSに載置されたウェハ (図示せず) を搬送ユニットCARで塗布ユニットCOT1に搬送した。塗布ユニットCOT1で、ウェハ上に反射防止膜を塗布した後、ウェハを搬送ユニットCARによりベークユニットHP1に搬送した。ベークユニットHP1で、ウェハに対して190℃、60秒の条件でベーク処理して、ウェハ上に膜厚60nmの反射防止膜を形成した。

【0097】その後、図示されない冷却ユニットを経て塗布ユニットCOT2で、反射防止膜上にポジ型化学増幅レジストを塗布した後、ウェハを搬送ユニットCARによりベークユニットHP2に搬送した。ベークユニットCOT2では、ウェハに対して140℃、90秒の条件でブリベークと呼ばれるレジスト中の溶剤を揮発させるための加熱処理を行い、反射防止膜上に400nmのレジスト膜を形成した。

【0098】次いで、ウェハを図示されない冷却ユニットで室温近傍まで冷却した後、インターフェイスユニットINTを経て図示されない露光装置へ搬送した。この露光工程では、図23に示すように、ウェハ2301上に塗布された化学増幅型レジストに対して露光量13.5mJ/cm<sup>2</sup>の条件で露光し、5mm角の露光領域2302をx方向、y方向ともに10mmのステップでウェハ面内に形成した。なお、ノッチ2303は、ウェハの向きを識別するための印である。

【0099】露光後、ウェハはインターフェイスユニットINTを介して処理システム2200に戻され、さらに搬送ユニットCARによりベークユニットHP3に搬送され、ウェハに対してPEB (Post Exposure Bake) と呼ばれる露光後のベーク処理を行った。図24にベークユニットHP3にの平面図及び断面図を示す。図24(a)はベークユニットHP3の裏面側の平面図、同図(b)はA-A'部の断面図である。ベークユニットHP3は、均熱板2401に配設された3つの同心円ヒータ2402、2403、2404で構成され、個々のヒータ2402～2404は埋め込まれた熱電対 (図示せず) によりそれぞれが独立に温度制御されている。そして、ウェハは均熱板上に配設されたプロキシミティギャップ2405の上に載置されている。

【0100】ここで、先ず全てのヒータ2402～2404は140℃に設定した。ウェハに対してベークユニットHP3で140℃、90秒の条件でPEB処理を行った。次いでウェハを図示されない冷却ユニットで室温近傍まで冷却した後、ウェハステーションWSに搬送した。

【0101】次いで、このウェハを処理システムから取

り出し、それぞれの5mm□の露光領域と隣接する末露光領域の膜厚をそれぞれ測定し、

$$\Delta T_r = (\text{末露光領域の膜厚}) - (\text{露光領域の膜厚})$$

をウェハ面内の分布を算出した。

【0102】ここでは、先ず各5mm□の露光領域の露光領域の中心部からの0次回折光をCCDカメラで観察し、その検出光強度Iを求める。そして、予め求められた図25に示すCCD検出強度と膜厚差 $\Delta T_r$ との関係から、各露光領域の膜厚差 $\Delta T_r$ を求めた。求められた膜厚差 $\Delta T_r$ の分布を図26に示す。

【0103】そして、求められた膜厚差 $\Delta T_r$ から各露光領域における加熱処理温度を求めた。なお、膜厚差 $\Delta T_r$ から加熱処理温度を換算するには、予め求めた図27に示す膜厚差 $\Delta T_r$ と加熱処理温度との関係を用いた。なお、この膜厚差 $\Delta T_r$ と加熱処理温度との関係を求める際、13.5mJ/cm<sup>2</sup>、90秒と固定して求めた。

【0104】図28に示す領域A及び領域Bでの膜厚差 $\Delta T_r$ は、それぞれ25.0nm、26.2nmであった。図27に示す関係から、膜厚差 $\Delta T_r$ を温度Tに換算すると、領域Aでは139.6℃、領域Bでは140.4℃となり、領域Aにおいては処理温度が所望温度 (140℃) より0.4℃低く、領域Bにおいては0.4℃高かった。

【0105】この結果に基づき、領域Aでのウェハ表面温度が0.4℃高く、領域Bでの表面温度が0.4℃低くなるように、領域Aの位置に相当するヒータ2404及び領域Bの位置に相当するヒータ2403の制御条件を調整した。このような面内温度分布表化とヒータ制御の調整を繰り返し行うことで、面内の温度均一性 (3σ) は0.45℃から0.10℃にまで改善した。

【0106】このように、膜厚差 $\Delta T_r$ に応じて、各ヒータの設定温度を調整することで、ウェハ面内でより均一なベーク処理を実現することが可能となる。

【0107】なお、ウェハの露光領域に対して露光を行う際の露光量の条件13.5mJ/cm<sup>2</sup>は以下に示す手順で算出した。図28に140℃近傍の $\partial \Delta T_r / \partial T$  (Tは温度) と露光量の関係を示す。ここで、 $\partial \Delta T_r / \partial T$ は、膜厚差 $\Delta T_r$ の温度Tに対する変化量を示すもので、その値が大きいほど、温度に対して膜厚差 $\Delta T_r$  (反応量) が敏感に変化し、温度に対する分解能が向上する。本実施形態で使用したレジストは、図28に示すように、露光量が13.5mJ/cm<sup>2</sup>で最も $\partial \Delta T_r / \partial T$ が大きくなり、温度に対する分解能が大きくなる。

【0108】また、一般に、ウェハ面内を全くの同一露光量で露光するのは困難で、各ショット間には露光量ばらつきが生じる。膜厚差 $\Delta T_r$ は温度Tと露光量Dの関数になるので、膜厚差 $\Delta T_r$ から温度分布を検出するには露光量変動に対する膜厚差 $\Delta T_r$ の変化が小さいことが

望ましい。

【0109】図29に140℃近傍の $\partial \Delta T_r / \partial D$ と露光量の関係を示す。ここで、 $\partial \Delta T_r / \partial D$ は膜厚差 $\Delta T_r$ の露光量Dに対する変化量を示すもので、その値が大きいほど、露光量に対して $\Delta T_r$ が敏感に変化することになる。図29に示すように、 $\partial \Delta T_r / \partial T$ が極大値を持つ露光量13.5 mJ/cm<sup>2</sup>での $\partial \Delta T_r / \partial D$ の値は最大値の1/4と、露光量変動に対する膜厚差 $\Delta T_r$ の変化量は小さかった。

【0110】このような露光量条件とすることで、各ショット間に露光量変動がある場合でも、膜厚差 $\Delta T_r$ の変動を抑制でき、かつ、PEB時の温度変動を感度良く検出することができ、精度の優れた面内温度検出が可能となる。

【0111】本実施形態では、露光量を13.5 mJ/cm<sup>2</sup>としたが、この露光量に限るものではない。例えば、本実施形態に記載した方法により、使用するレジストの特性に応じて、感度よくかつ高精度に温度変化を膜厚差 $\Delta T_r$ の変化として検出できる条件を見出すことが望ましい。若しくは上記の特性を有するレジスト、すなわち $\partial \Delta T_r / \partial T$ と $\partial \Delta T_r / \partial D$ の極大値（最大値）を与える露光量が異なる特性を有するレジストを使用することが望ましい。

【0112】本実施形態では、露光領域からのCCD検出強度から、膜厚差 $\Delta T_r$ を求めたかこれに限定されることはない。例えば、隣接する未露光領域からのCCD検出強度で規格化した値を用いるとより高精度に膜厚差 $\Delta T_r$ を算出することができる。

【0113】また、本実施形態では、ベーク処理後のレジスト膜厚測定は、0次回折光をCCDカメラで観察し、その検出光強度からレジスト膜厚を算出する方法で求めていたが、露光部及び未露光部のレジスト膜厚は反射光強度の波長依存性を利用した膜厚計、例えばnanometrics社製nanospec 210で測定しても良い。なお、レジスト膜厚算出の際、レジスト及び反射防止膜の光学定数を予め分光エリブソ等で求めておくことが望ましい。

【0114】また、本実施形態では、3つの同心円ヒータからなるベークユニットを用いたが、ヒータ数、ヒータ形状はこれに限定されるものではない。例えば、図30に示すような単一のリングヒータ3001を熱源に持つ加熱処理装置にも適用することができる。なお、図30(a)はベークユニットHP3の裏面側の平面図、図30(b)は同図(a)のA-A'部の断面図である。また、図30において、図24と同一な部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0115】また、加熱装置の調整を行うのためには、熱源に対応する位置の膜厚差 $\Delta T_r$ を測定し、測定された膜厚差 $\Delta T_r$ から温度を求めて調整を行えばよい。また、加熱装置の調整を行うのために必ずしも面内の温度

分布を求める必要はなく、1カ所の温度を求めても、調整を行うことができる。

【0116】次に、このようにして温度制御されたベークユニットHP3を有する処理システムを用いて所望のレジストパターンを形成する方法について説明する。反射防止膜及びレジスト膜の形成工程は、先に説明したレジストを温度計測媒体として用いたヒータ制御条件の最適化と同一なので、ここでは省略し、露光後の工程について説明する。

【0117】露光装置で、所望の回路パターンをウェハ上に縮小投影露光した後、ウェハはインターフェイスユニットINTを介して処理システム200に戻され、さらに搬送ユニットCARでベークユニットHP3に搬送され、PEBと呼ばれる露光後のベーク処理を行った。ここで、個々のヒータの設定温度はすでに述べた方法でウェハ面内で均一性の良い加熱処理ができるように最適化されている。ウェハに対してベークユニットHP3で140℃、90秒の条件でPEB処理を行った。

【0118】その後、ウェハを冷却ユニット（図示せず）で室温近傍まで冷却した後、現像ユニットDEVで90秒間のアルカリ現像処理を行った。現像処理終了後、リンス処理、スピン乾燥処理を行い、ウェハステーションにまで搬送した。

【0119】現像後のレジスト寸法をウェハ面内で測定した結果、回路パターンの1つである180nmのライン&スペースパターンの面内均一性は最適化していないPEB処理条件でレジストパターン形成を行ったときの12.1nm(3σ)に比べ、7.2nmと大幅に改善することができた。

【0120】本実施形態では、PEB時の加熱処理条件の最適化を予め行った後、所望レジストパターンの形成を行ったが、これに限定されるものではない。所望パターンと同一露光用マスク上に、モニタ領域を設け、PEB処理中にモニタ領域からの情報を取得し、逐次加熱条件にフィードバックしても良い。また、露光領域でのレジスト膜厚変化量 $\Delta T_r$ の時間変化、すなわち比例値(P)、積分値(I)、微分値(D)の少なくとも一つの値を用いたフィードバック動作でヒータ制御を行っても良い。

【0121】（第10の実施形態）本実施形態では、露光装置及び加熱処理装置の調整を行う方法について説明する。なお、本実施形態で用いた図22に示す処理システムは、第9の実施形態で用いたものと同一なもので、その説明を省略する。

【0122】ウェハステーションWSに搬送されたウェハを搬送ユニットCARで塗布ユニットCOT1に搬送した。ここで、ウェハ上に反射防止膜を回転塗布した後、搬送ユニットCARでベークユニットHP1に搬送した。ここで、190℃、60秒の条件でベーク処理して、ウェハ上に膜厚60nmの反射防止膜を形成した。

その後、図示されない冷却ユニットを経て塗布ユニットCOT2でポジ型化学増幅レジストを塗布した後、ベークユニットHP2に搬送し、140℃、90秒の条件でプリベークと呼ばれる加熱処理を行い、反射防止膜上に400nmのレジスト膜を形成した。なお、ここでのレジストは第9の実施形態で記載したものと同一なものを用いた。ウェハを冷却ユニット（不図示）で室温近傍まで冷却した後、インターフェイスユニットを経て図示されない露光装置へ搬送した。

【0123】このウェハに対して図31に示す投影露光用マスク3101を用いて露光した。投影露光用マスク3101は透明基板3102上に半透明膜を堆積して形成されており、領域3103と領域3104とで透過率が異なっている。半透明膜の膜厚を調整することでそれぞれの領域3103、3104での透過率を制御し、領域3103で強度透過率が51.9%、領域3104で23.1%となるようにした。

【0124】このウェハを露光量26.0mJ/cm<sup>2</sup>の条件でウェハ全面に渡り露光した。なお、露光領域は露光装置のブラインド機能を用い、露光用マスクセンタを中心5mm□とした。また、図32に示すように、ウェハ3201上に5mm□の露光領域3202をx方向、y方向ともに10mmのステップでウェハ全面にわたり露光した。レジスト上に照射される露光量は、露光用マスクの透過率に依存するため、5mm□の露光領域3202のショット内の左半分と右半分とで異なる。縮小投影時に左右が反転するため、第1の露光部3203の露光量は13.5mJ/cm<sup>2</sup>、第2の露光部3204の露光量は6.0mJ/cm<sup>2</sup>となった。

【0125】露光後、ウェハはインターフェイスユニットINTを介して処理システム2200に戻され、さらに搬送ユニットCARでベークユニットHP3に搬送さ\*

\*れ、PEBと呼ばれる露光後のベーク処理を行った。ここで、ベークユニットHP3は、第9の実施形態で記載されたような分割ヒータで構成されており、140℃、90秒の条件でPEB処理を行った。次いでウェハを冷却ユニット（図示せず）で室温近傍まで冷却した後、ウェハステーションWSに搬送した。

【0126】次いで、このウェハを処理システムから取り出し、5mm□内の2つの露光部3203、3204と隣接する未露光領域の膜厚をそれぞれ測定し、

$\Delta T_{r_{1,1}} = (\text{未露光領域の膜厚}) - (\text{第1の露光部3203の膜厚})$ 、

$\Delta T_{r_{2,2}} = (\text{未露光領域の膜厚}) - (\text{第2の露光部3204の膜厚})$

をウェハ面内で算出した。

【0127】露光部及び未露光領域のレジスト膜厚は、第9の実施形態と同様に、0次回折光をCCDカメラで観察し、その検出光強度からレジスト膜厚を算出する方法で求めた。

【0128】各(x, y)座標での膜厚差 $\Delta T_{r_{1,1}}$ 、 $\Delta T_{r_{2,2}}$ を求めることで、レジスト膜厚の変化量 $\Delta T_r$ のウェハ面内分布を2つの露光量(13.5mJ/cm<sup>2</sup>、6.0mJ/cm<sup>2</sup>)に対して得ることができた。

【0129】一般に、ウェハ面内を全くの同一露光量で露光するのは困難で、各ショット間には露光量ばらつきが生じる。膜厚差 $\Delta T_r$ は温度と露光量の関数になるので、より高精度に温度分布を検出するには露光量変動と分離させることが必要となる。

【0130】ここで、膜厚差 $\Delta T_r$ は次の式で近似できる。

【0131】

【数1】

$$\Delta T_r = F(D) + \Delta D \times \frac{\partial \Delta T_r}{\partial D} (D + \Delta D) + \Delta T \times \frac{\partial \Delta T_r}{\partial T} (D + \Delta D) \quad (1)$$

【0132】ここで、F(D)は所望処理温度(ここでは140℃)で、露光量Dを与えたときのレジストの膜厚変化量を示しており、露光量Dとの間には図33に示す関係がある。また、 $\Delta D$ は露光量の面内での変動値、 $\Delta T$ は処理温度の処理温度の面内での変動値を示している。

【0133】(1)式の第1項は露光量と処理温度の変動値 $\Delta D$ 、 $\Delta T$ が0の時のレジスト膜厚変化量を示し、第2項は露光量変化時の膜厚差 $\Delta T_r$ 変化分を示し、第\*

\*3項は処理温度変動時の膜厚差 $\Delta T_r$ の変化分を示している。

【0134】ここで、 $\partial \Delta T_r / \partial D \cdot (D)$ 、 $\partial \Delta T_r / \partial T \cdot (D)$ は、露光量dの関数なので、露光量Dが決まれば図28、29一意的に決まるので、

$$\partial \Delta T_r / \partial D \cdot (D) = A_0,$$

$$\partial \Delta T_r / \partial T \cdot (D) = B_0.$$

とおくと、(1)式は異なる二つの露光量に対し $\Delta T_r$ を求めることで、

$$\Delta T_r(D_1', T') = F(D_1) + \Delta D \times A_{01} + \Delta T \times B_{01} \quad (2),$$

$$\Delta T_r(D_2', T') = F(D_2) + \Delta D \times A_{02} + \Delta T \times B_{02} \quad (3)$$

$$(D' = D + \Delta D, T' = T + \Delta T)$$

を得ることができる。

【0135】先に述べたように、 $A_{01}$ 、 $B_{01}$ 、 $A_{02}$ 、 $B_{02}$ は既知なので、(2)、(3)式の連立方程式を解くことによって、 $\Delta D$ 、 $\Delta T$ を求めることができる。ウェ

ハの中心位置での露光部での膜厚差を測定したところ、 $\Delta T_{r_{1,1}}$ は24.4nm、 $\Delta T_{r_{2,2}}$ は12.8nmとなった。 $A_{01}$ 、 $B_{01}$ 、 $A_{02}$ 、 $B_{02}$ を求めることで、 $\Delta D = +0.14 \text{ mJ/cm}^2$ 、 $\Delta T = -0.75^\circ\text{C}$ を得

ることができた。

【0138】Cの $\Delta D$ と $\Delta T$ を各露光領域において求めることによって、実際の照射量分布と温度分布を得ることができ。

【0137】このように、異なる2つの露光量に対して、膜厚差 $\Delta T_r$ を求め、温度変化に対する $\Delta T_r$ 変化量及び露光量変化に対する $\Delta T_r$ 変化量の関係を用い、ウェハ面内の $\Delta D$ と $\Delta T$ をそれぞれ算出することで、これまで分離が困難であった加熱処理時の温度分布と露光時の露光量分布を精度良く求めることができた。

【0138】このようにして得られた結果を露光装置の各ショットの露光量条件及び、PEB時の加熱処理温度条件にフィードバックし、所望の回路パターン形成を行った。

【0139】より具体的なフィードバックの方法としては、例えばある領域での前記 $\Delta D$ がプラスの場合、 $\Delta D$ の値に応じてその領域に相当する位置での露光量を小さく設定し、マイナスの場合は $-\Delta D$ に応じて露光量を大きくすれば良い。また、ある領域での前記 $\Delta T$ がプラスの場合、 $\Delta T$ に応じてその領域に相当する位置での加熱処理温度を小さく設定し、マイナスの場合は $-\Delta T$ に応じて処理温度を大きくすれば良い。

【0140】このようにして、所望レジストパターンを形成した結果、パターンの1つである150nmのライン&スペースパターンの面内均一性はフィードバックを行わない従来の条件でレジストパターン形成を行ったときの14.1nm(3 $\sigma$ )に比べ、5.2nmと大幅に改善することができた。

【0141】本実施形態では、2つの露光量条件を6.0と13.5mJ/cm<sup>2</sup>としたが、この露光量に限るものではない。例えば、本実施形態に記載した方法により使用するレジストの特性に応じて、露光量条件を見出すことが望ましい。

【0142】また、本実施形態では、ベーク処理後のレジスト膜厚測定は、0次回折光をCCDカメラで観察し、その検出光強度からレジスト膜厚を算出する方法で求めていたが、露光部及び未露光部のレジスト膜厚は反射光強度の波長依存性を利用した膜厚計、例えばnanometrics社製nanospec 210で測定しても良い。なお、レジスト膜厚算出の際、レジスト及び反射防止膜の光学定数を予め分光エリブソ等で求めておくことが望ましい。

【0143】本実施形態では、露光領域からのCCD検出強度から、膜厚差 $\Delta T_r$ を求めたがこれに限定されることはない。例えば、隣接する未露光領域からのCCD検出強度で規格化した値を用いるとより高精度に膜厚差 $\Delta T_r$ を算出することができ。

【0144】本実施形態では、PEB時の加熱処理条件の最適化を予め行った後、所望レジストパターンの形成を行ったが、これに限定されるものではない。所望パ

ーンと同一露光用マスク上に、モニタ領域を設け、PEB処理中にモニタ領域からの情報を取得し、逐次加熱条件にフィードバックしても良い。また、露光領域でのレジスト膜厚変化量 $\Delta T_r$ の時間変化、すなわち比例値(P)、積分値(I)、微分値(D)の少なくとも一つの値を用いたフィードバック動作でヒータ制御を行っても良い。

【0145】なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。実施形態では、半導体ウェハ等の被処理基体を加熱する手段としてヒータのような熱板を用いたが、これに限らずランプによる加熱など、基体を均一に加熱できるものであれば用いることができる。また、被処理基体に照射する光の波長は実施形態に限定されるものではなく、赤外光よりも波長の短い可視光又は紫外光であればよい。

【0146】また、実施形態ではレジストの露光前或いは露光後の加熱に適用したが、加熱量によって膜厚及び光学定数等が変化した反射光強度の変化を生じるのであれば、各種の被処理基体の加熱処理に適用することが可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0147】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、加熱中のモニターパターン部分及びレジスト部分からの0次光強度が加熱温度と加熱時間により変化することを利用し、0次光強度をモニターすることによって、加熱中の被処理基板の加熱量を正確に検出することができる。従って、一定の温度となるように加熱装置にフィードバックすることで、被処理基板の温度を一定に保つことができる。また、加熱量が所望の値に達した時点で加熱を終了させることにより、総加熱量の制御が可能となり、被処理基板毎の加熱量を一定とすることができる。これらより被処理基板ごとの加熱条件が一定となり、被処理基板間の寸法ばらつきが低減される。また、複数のモニターヘッドを設けることにより、被処理基板の面内の加熱の均一性が向上し、被処理基板の面内の寸法ばらつきが低減される。これらより、デバイスの信頼性及び歩留まりが大きく向上する。

【0148】また、露光後の感光性樹脂膜の露光領域と隣接する未露光領域との膜厚差 $\Delta T_r$ と、予め求められた膜厚差と処理温度の関係から、露光領域での加熱温度を求めることで、加熱装置の調整を行うことが容易にできる。

【0149】また、異なる2つの露光量に対して、膜厚差 $\Delta T_r$ を求め、予め求められた温度変化に対する膜厚差の変化及び露光量変化に対する膜厚差の変化の関係を用い、ウェハ面内の露光量変動 $\Delta D$ と温度変動 $\Delta T$ をそれぞれ算出することで、これまで分離が困難であった加熱処理時の温度分布と露光時の露光量分布を精度良く求めることができる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係わる加熱装置を示す概略構成図。

【図2】第1の実施形態におけるモニターパターンの一例を示す図。

【図3】第1の実施形態におけるPEB温度と潜像強度の関係を示す図。

【図4】第2の実施形態に係わる加熱装置を示す概略構成図。

【図5】第2の実施形態におけるPAB温度とレジストからの0次光強度との関係を示す図。

【図6】第3の実施形態に係わる加熱装置を示す概略構成図。

【図7】第3の実施形態における加熱量モニターのプロック図。

【図8】第4の実施形態に係わる加熱装置を示す概略構成図。

【図9】第4の実施形態における加熱量モニターのプロック図。

【図10】第5の実施形態に係わる加熱装置を示す概略構成図。

【図11】第5の実施形態における加熱量モニターのプロック図。

【図12】第5の実施形態におけるPEB温度と潜像強度との関係を示す図。

【図13】第6の実施形態に係わる加熱装置を示す概略構成図。

【図14】第6の実施形態における加熱量モニターのプロック図。

【図15】第6の実施形態におけるPEB時間とレジストの未露光部分の強度との関係を示す図。

【図16】第7の実施形態に係わる加熱装置を示す概略構成図。

【図17】第7の実施形態における加熱量モニターのプロック図。

【図18】第8の実施形態に係わる加熱装置を示す概略構成図。

【図19】第8の実施形態における加熱量モニターのプロック図。

【図20】第8の実施形態におけるPAB時間とレジスト部分の強度との関係を示す図。

【図21】PEB時間とエネルギーとの関係を示す図。

【図22】第9の実施形態に係わる処理システムの構成を示す図。

【図23】露光が行われたウェハを示す平面図。

【図24】図22に示す処理システムのベークユニットの構成を示す図。

【図25】膜厚差 $\Delta T_r$ と0次光の検出強度との関係を示す特性図。

【図26】ウェハの膜厚差 $\Delta T_r$ の分布を示す図。

【図27】膜厚差 $\Delta T_r$ と加熱処理温度との関係を示す特性図。

【図28】 $\partial \Delta T_r / \partial T$ の露光量依存性を示す特性図。

【図29】 $\partial \Delta T_r / \partial D$ の露光量依存性を示す特性図。

【図30】図24に示すベークユニットと異なる例を示す図。

【図31】第10の実施形態に係わる露光に用いられる露光マスクの構成を示す平面図。

【図32】露光が行われたウェハを示す平面図。

【図33】膜厚差 $\Delta T_r$ の露光量依存性を示す特性図。

【符号の説明】

101, 401…光源  
102, 402, 604, 805…入射光  
103, 403, 613, 806…0次光  
104, 614, 712…CCDカメラ  
105, 405, 612, 816…観察窓  
106, 406, 606, 715, 811, 914…レジスト  
107, 407, 607, 716, 812, 915…ウェハ  
108, 408, 609, 813…熱板  
109, 611…モニターパターン  
404, 809, 907…検出器  
601, 703, 801, 903…分光可能なランプハウス  
602, 704, 802, 808, 904, 906…光ファイバー  
603, 705, 804…コリメーションレンズ  
605, 810…空気の流れ  
608, 814…昇降機  
610, 815…絶縁体  
701, 901…制御部  
707…コリメーションレンズの駆動機構  
710…CCDカメラの駆動機構  
714, 913…加熱装置  
803, 905…モニターヘッド  
807…集光レンズ  
810…モニターヘッドの駆動機構  
1001, 1103, 1301, 1403, 1601, 1703, 1801, 1903…分光可能なランプハウス  
1002, 1104, 1302, 1308, 1406, 1602, 1704, 1802, 1805, 1904, 1907, 1911…光ファイバー  
1003, 1105, 1303, 1405, 1603, 1614, 1705, 1706, 1803, 1808, 1905, 1906…モニターヘッド  
1004, 1304, 1604, 1804…コリメーションレンズ  
1005, 1605…CCDカメラ  
1006, 1606, 1809…空気の流れ  
1007, 1112, 1310, 1414, 1607, 1713, 1810, 1915…レジスト



31

1008, 1113, 1311, 1415, 1608, 1714, 1811, 1916 …ウェハ  
 1009, 1609 …モニターパターン  
 1010, 1312, 1610, 1812 …熱板  
 1011, 1313, 1611, 1813 …昇降機  
 1012, 1314, 1612, 1814 …絶縁体  
 1013, 1315, 1613, 1815 …観察窓  
 1014, 1101, 1401, 1616, 1701, 1901 …制御部

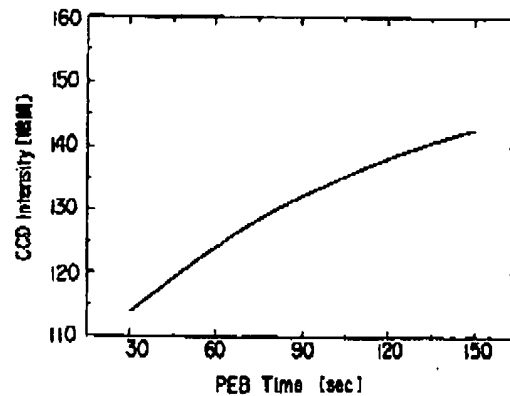
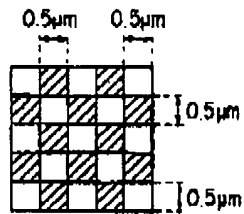
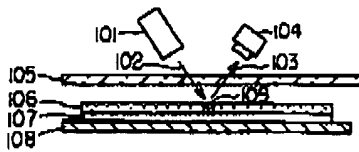
32

\* 1108, 1410, 1709, 1909 …モニターヘッドの駆動機構  
 1111, 1413, 1712, 1914 …加熱装置  
 1305 …入射光  
 1306 …0次光  
 1307, 1806 …集光レンズ  
 1407, 1807, 1911 …検出器  
 \* 1615 …CCDケーブル

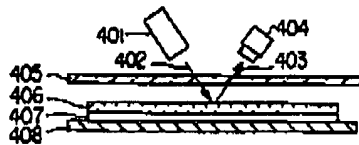
【図1】

【図2】

【図3】

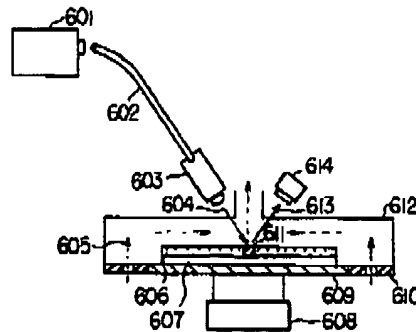
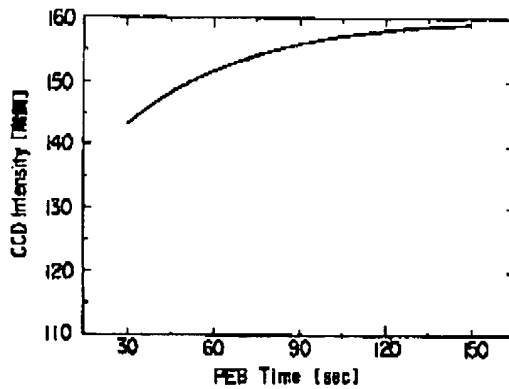


【図4】



【図5】

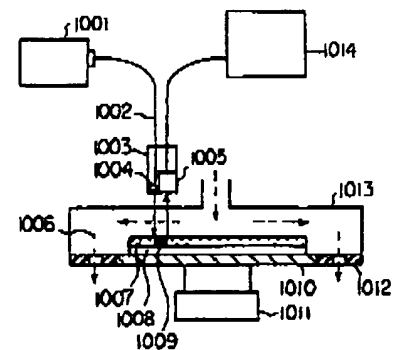
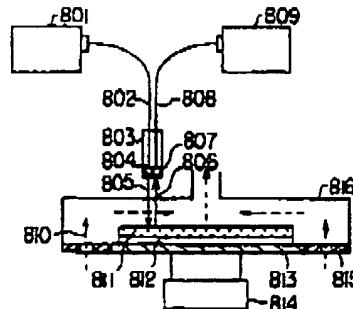
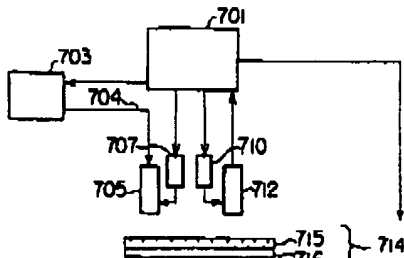
【図6】



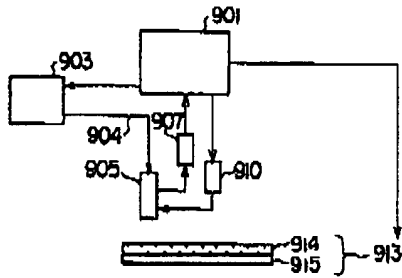
【図10】

【図7】

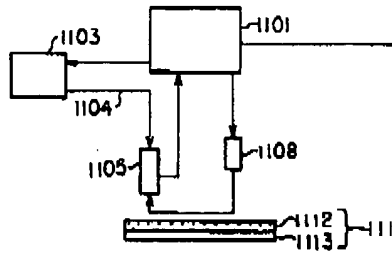
【図8】



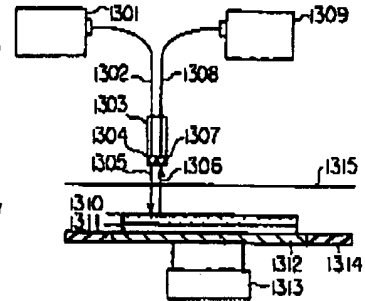
【図9】



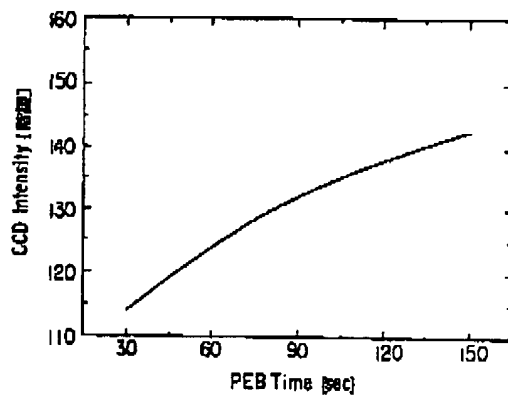
【図11】



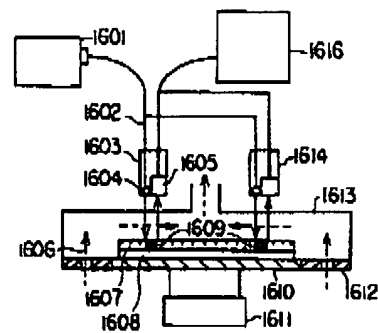
【図13】



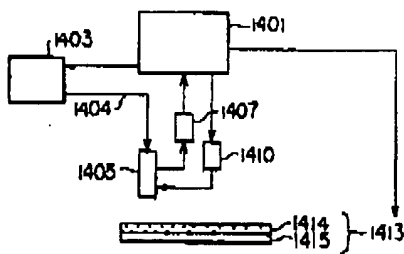
【図12】



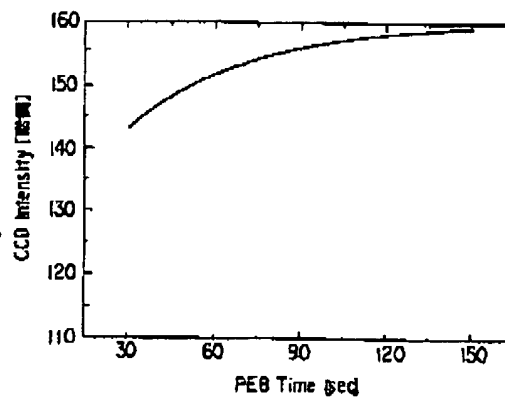
【図16】



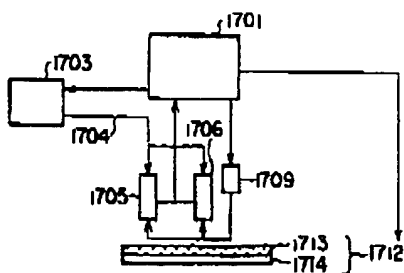
【図14】



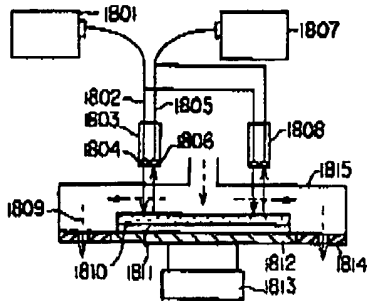
【図15】



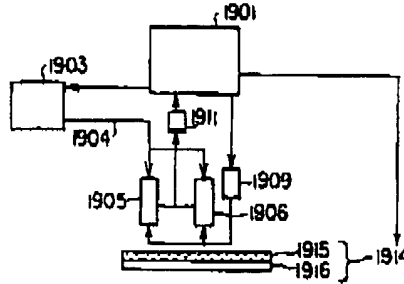
【図17】



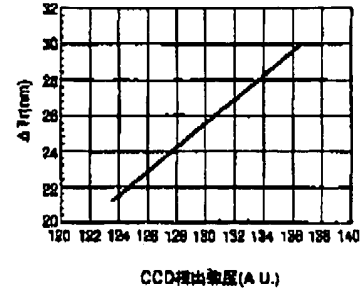
【図18】



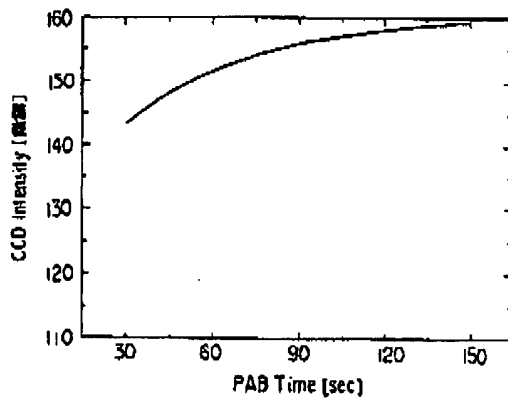
【図19】



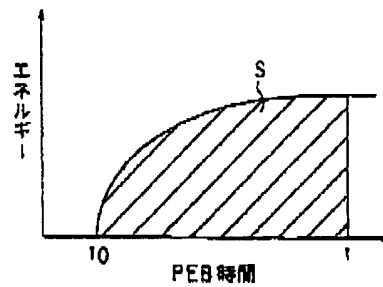
【図25】



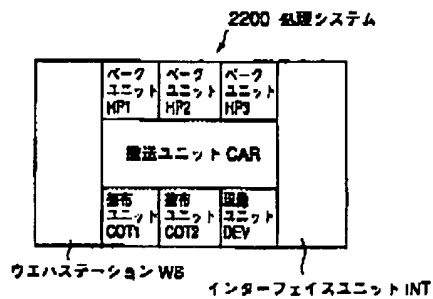
【図20】



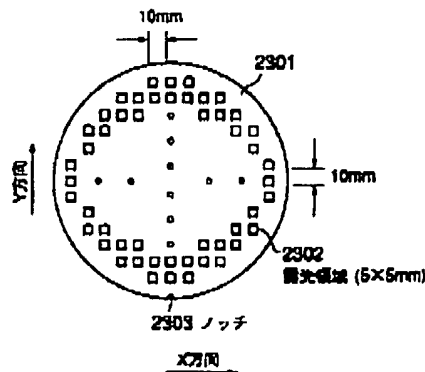
【図21】



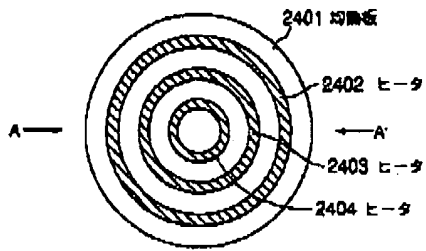
【図22】



【図23】

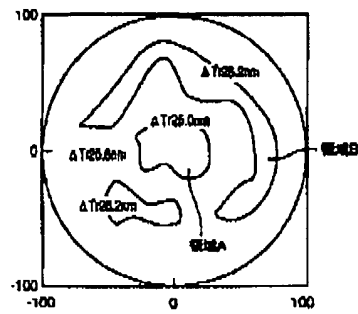


【図24】

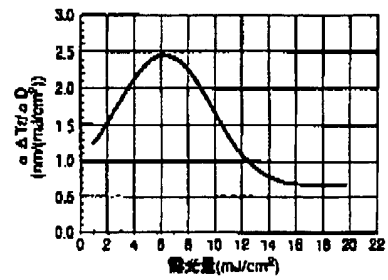


(a)

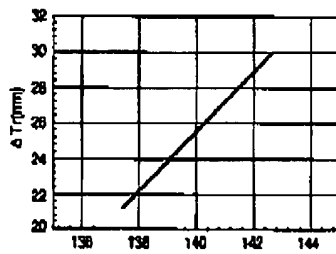
【図26】



【図29】

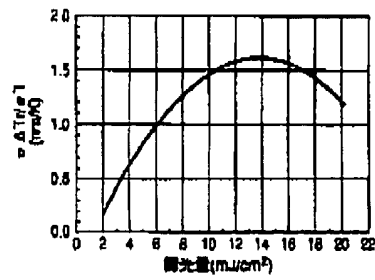


【図27】



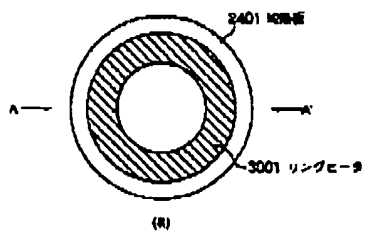
ピーク処理温度(℃)

【図28】

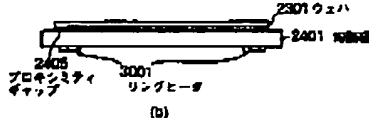


照射量(mJ/cm²)

【図30】

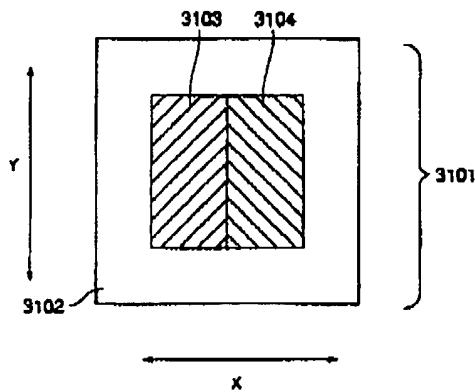


(a)

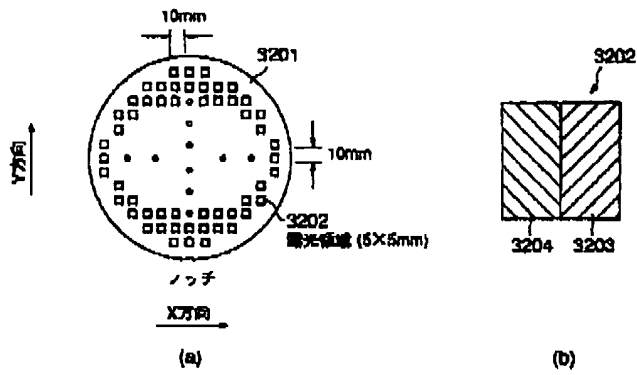


(b)

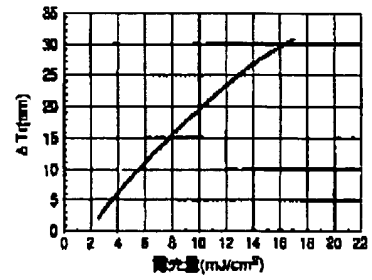
【図31】



【図32】



【図33】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**